

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開平9-45884

(43) 公開日 平成9年(1997)2月14日

(51) Int.Cl.<sup>9</sup>

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

H 0 1 L 27/14

H 0 1 L 27/14

D

審査請求 有 請求項の数13 F D (全 7 頁)

(21) 出願番号

特願平7-214115

(71) 出願人 000004237

日本電気株式会社

東京都港区芝五丁目7番1号

(22) 出願日

平成7年(1995)7月31日

(72) 発明者 中野 隆

東京都港区芝五丁目7番1号 日本電気株式会社内

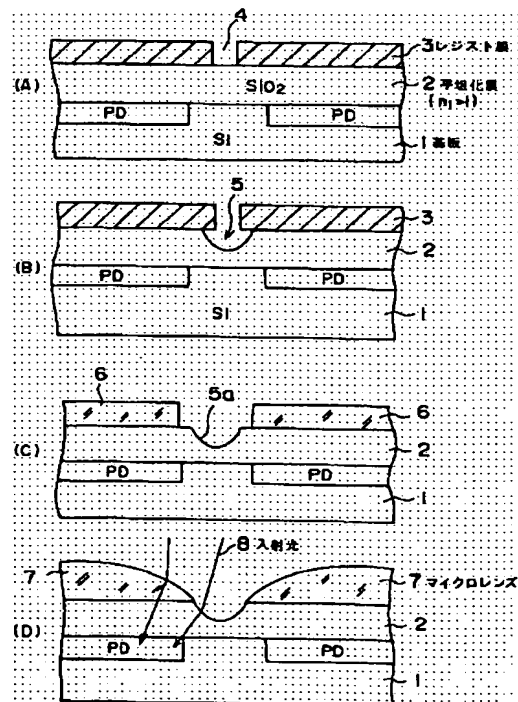
(74) 代理人 弁理士 桂木 雄二

(54) 【発明の名称】 固体撮像装置及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 画素が縮小化しても感度及びS/Nの向上を図ることができる固体撮像装置及びその製造方法を提供する。

【解決手段】 基板1に複数のフォトダイオードPDが形成され、各フォトダイオードへの入射光を集光するためのマイクロレンズ7が平坦化層2を介して複数形成される。平坦化層2の表面又は内部には、隣接するレンズ間の隙間部分に凹レンズ機能を有する凹曲面5aが形成される。凹曲面5aは、光の入射側の媒質より出射側の媒質の方が屈折率の大きい曲面である。より詳しくは、平坦化層表面に形成された凹部5、あるいは平坦化層内部に形成された凹曲面である。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板に複数の光電変換素子が配列形成された固体撮像装置において、  
前記複数の光電変換素子を覆う透明層と、  
前記透明層上に設けられ、前記複数の光電変換素子の各々に対応した複数の集光レンズと、  
前記透明層は、隣接する前記集光レンズの間に凹レンズ機能を有する光学手段を含む、  
ことを特徴とする固体撮像装置。

【請求項 2】 前記光学手段は、光の入射側の媒質より出射側の媒質の方が屈折率の大きい曲面からなることを特徴とする請求項 1 記載の固体撮像装置。

【請求項 3】 前記光学手段は、前記透明層表面に形成された凹部からなることを特徴とする請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 4】 前記光学手段は、  
前記基板上に形成され、表面に凹部を有する第 1 透明層と、  
前記第 1 透明層上に形成され、前記第 1 透明層より屈折率の小さい第 2 透明層と、  
からなることを特徴とする請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 5】 前記第 2 透明層は、前記第 1 透明層の前記凹部のみに形成されることを特徴とする請求項 4 記載の固体撮像装置。

【請求項 6】 前記光学手段は、  
前記基板上に形成された第 1 透明層と、  
前記第 1 透明層上に形成され、前記第 1 透明層より屈折率が大きく、且つ表面に凹部を有する第 2 透明層と、  
前記第 2 透明層上に形成され、前記第 2 透明層より屈折率が小さい第 3 透明層と、  
からなることを特徴とする請求項 2 記載の固体撮像装置。

【請求項 7】 前記第 3 透明層は、前記第 2 透明層の前記凹部のみに形成されることを特徴とする請求項 6 記載の固体撮像装置。

【請求項 8】 基板に複数の光電変換素子が配列形成され、各光電変換素子に対応して集光レンズが設けられた固体撮像装置の製造方法において、  
前記複数の光電変換素子が形成された前記基板上に透明層を形成し、  
前記透明層上にマスク層を形成し、  
前記マスク層を部分的に除去することにより、形成されるべき集光レンズ間の隙間より狭い幅の開口部を形成し、  
前記開口部が形成された前記マスク層をマスクとして前記透明層をエッチングすることにより、前記透明層に凹曲面を形成し、  
前記凹曲面の挟んで、前記集光レンズを形成する、  
ことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 9】 基板に複数の光電変換素子が配列形成され、各光電変換素子に対応して集光レンズが設けられた固体撮像装置の製造方法において、

前記複数の光電変換素子が形成された前記基板上に第 1 透明層を形成し、

前記第 1 透明層上にマスク層を形成し、

前記マスク層を部分的にエッチングすることにより、形成されるべき集光レンズ間の隙間より狭い幅の開口部を形成し、

前記開口部が形成された前記マスク層をマスクとして前記第 1 透明層をエッチングすることにより、前記第 1 透明層に凹曲面を形成し、

前記第 1 透明層上に前記第 1 透明層より屈折率の小さい第 2 透明層を形成し、

前記凹曲面が存在する領域を挟んで、前記第 2 透明層上に前記集光レンズを形成する、

ことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 10】 前記第 2 透明層は、前記第 1 透明層の前記凹部のみに形成されることを特徴とする請求項 9 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 11】 基板に複数の光電変換素子が配列形成され、各光電変換素子に対応して集光レンズが設けられた固体撮像装置の製造方法において、

前記複数の光電変換素子が形成された前記基板上に第 1 透明層を形成し、

前記第 1 透明層上に前記第 1 透明層より屈折率の大きい第 2 透明層を形成し、

前記第 2 透明層上にマスク層を形成し、

前記マスク層を部分的にエッチングすることにより、形成されるべき集光レンズ間の隙間より狭い幅の開口部を形成し、

前記開口部が形成された前記マスク層をマスクとして前記第 2 透明層をエッチングすることにより、前記第 2 透明層に凹曲面を形成し、

前記第 2 透明層上に前記第 2 透明層より屈折率の小さい第 3 透明層を形成し、

前記凹曲面が存在する領域を挟んで、前記第 3 透明層上に前記集光レンズを形成する、

ことを特徴とする固体撮像装置の製造方法。

【請求項 12】 前記第 3 透明層は、前記第 2 透明層の前記凹部のみに形成されることを特徴とする請求項 11 記載の固体撮像装置の製造方法。

【請求項 13】 前記凹曲面を形成するためのエッチングは、ウェットエッチングであることを特徴とする請求項 8 ないし 12 のいずれかに記載の固体撮像装置の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】 本発明は固体撮像装置に係り、特にマイクロレンズを有する固体撮像装置の受光部

構造及びその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】 固体撮像装置の小型化及び画素数の増大によって、一画素の面積は益々縮小化される傾向にある。画素が縮小すると受光面積が小さくなるために、感度が低下する。しかし、主たるノイズ源であるリセットノイズやオンチップアンプノイズは変化しないため、結果として、画素の縮小はS/N劣化を招く。従って、十分なS/Nを確保するためには、ノイズを低減させるか、あるいは固体撮像素子の感度を向上させる必要がある。感度を向上させるために、画素表面にマイクロレンズを設け、フォトダイオードへの集光率を高める構造が種々提案されている。また、pnフォトダイオードのn領域を低濃度で形成することによって空乏層を厚くし、フォトダイオード自体の感度を向上させる技術も提案されている。

【0003】 図7はマイクロレンズを有する従来の固体撮像装置の一例を示す構成図である。シリコン基板101上に、p+領域102、n領域103、及びpウェル104からなるフォトダイオード（以下、PDと称する）がマトリクス状に配列されている。フォトダイオードPD以外の領域には、酸化膜105を介して転送電極109が設けられ、さらに転送電極109の上部には遮光膜106が形成されている。シリコン基板101の全面には、フォトダイオードPD、酸化膜105及び遮光膜106を被覆する平坦化膜107が形成されており、さらに、平坦化膜107上にはフォトダイオードPDに入射光を集光するためのマイクロレンズ108が画素ごとに形成されている。

【0004】 図8（A）及び（B）は、図7に示すマイクロレンズの製造方法を示す工程図である。同図（A）に示すように、まずシリコン基板101上に平坦化膜107を形成し、さらに平坦化膜107の表面にマイクロレンズの素材であるレンズ樹脂層を形成する。続いて、レンズ樹脂層を部分的にエッチング除去し、各フォトダイオードPDに対応した直方体状のレンズ樹脂層を形成する。その後、同図（B）に示すように、熱処理による「だらし工程」によって樹脂層をなだらかにしてマイクロレンズ108を完成させる。

【0005】 このようにマイクロレンズを形成することによってフォトダイオードの集光率を向上させる技術は、特開平5-218372号公報及び特開平5-243539号公報に開示されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、上記従来構造においては、図8（B）に示すように、隣接するマイクロレンズ108間に隙間が存在するため、その部分に入射した光はフォトダイオードPDに入射しない。このマイクロレンズ間の隙間をなくすために「だらし工程」で隣接するマイクロレンズ108同士を密着さ

せると、マイクロレンズ形状が対称形でなくなり、シェーディング等の特性劣化を招いてしまう。このためにマイクロレンズ間の隙間は残しておく必要がある。

【0007】 そこで、本発明の目的は、固体撮像装置の特性劣化を引き起こすことなく感度及びS/Nを向上させることができる固体撮像装置及びその製造方法を提供することにある。

【0008】

【課題を解決するための手段】 本発明による固体撮像装置は、基板に複数の光電変換素子が形成され、各光電変換素子への入射光を集光するためのレンズが基板上に透明層を介して複数形成され、更に、その透明層は、隣接するレンズ間の隙間部分に凹レンズ機能を有する光学手段を含むことを特徴とする。

【0009】 光学手段は入射光を分散させる凹レンズ機能を有する構成であればよい。すなわち、光の入射側の媒質より出射側の媒質の方が屈折率の大きい凹曲面であることが望ましい。より詳しくは、透明層表面に形成された凹部、あるいは透明層内部に形成された凹曲面である。

【0010】 透明層内部に形成される場合には、基板上に表面に凹部を有する第1透明層を形成し、その第1透明層上に第1透明層より屈折率の小さい第2透明層を形成する。固体撮像装置表面をできるだけ平滑化するために第2透明層は凹部を埋めるだけでもよい。あるいは、凹部を有する透明層をその透明層よりも屈折率の小さい2つの透明層で挟んでもよい。この構成は、2回屈折が生じるためにより大きな偏向量を得ることができる。いずれにしても、凹レンズ機能を生じさせる凹曲面は、固体撮像装置の表面近くに形成されることが望ましい。

【0011】 透明層表面又は内部に、すなわち集光レンズとは別個に、凹レンズ機能を有する光学手段が設けられているために、集光レンズの形状に影響を与えることなく入射光を光電変換素子へ集光させることができ、特性を劣化させることなく感度及びS/Nを向上させることができる。

【0012】

【発明の実施の形態】 以下、本発明の実施例を図面を参照しながら詳細に説明する。図1（A）～（D）は本発明の第1実施形態に係る固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。同図（A）に示すように、フォトダイオードPDが形成された基板1上に平坦化膜2（例えばSiO<sub>2</sub>：屈折率 $n_1=1.46$ ）を形成し、この平坦化膜2の表面にレジスト膜3を塗布する。そして、フォトダイオードPD間の所定部分のレジスト膜3をエッチング除去して隙間4を形成する。この隙間4の幅は、エッチングのアンダカットを考慮して、形成されるべきマイクロレンズの隙間間隔より狭く形成される。

【0013】 続いて、隙間4が形成されたレジスト膜3をマスクとして、同図（B）に示すように、ウェットエ

ツチングにより隙間4の平坦化膜2に凹部5を形成する。凹部5の形成後、レジスト膜3を除去する。

【0014】続いて、同図(C)に示すように、レンズ樹脂層6を形成し、凹部5及びその近傍のレンズ樹脂層6をエッチング除去することで、各フォトダイオードPDに対応した直方体状のレンズ樹脂層6を多数形成する。

【0015】最後に、同図(D)に示すように、「だらし工程」によりレンズ樹脂層6をなだらかにしてマイクロレンズ7を形成する。なお、マイクロレンズ6の屈折率は平坦化膜2とほぼ同じである。空気の屈折率 $n_0$ は約1.0、平坦化膜2の屈折率 $n_1$ は約1.46であるから、凹部5の湾曲面5aによってマイクロレンズ7間の平坦化膜2は凹レンズ機能を有する。従って、同図(D)に示すように、隣接するマイクロレンズ間の隙間、即ち凹部5に入射した入射光8は両側のフォトダイオードPDへ向けて屈折する。

【0016】図2(A)及び(B)は本発明の第2実施形態に係る固体撮像素子の製造方法を示す工程図である。本実施形態においては、まず同図(A)に示すように、フォトダイオードPDが形成された基板1上に平坦化膜10(例えばSiO<sub>2</sub>:屈折率1.46)を形成し、この平坦化膜10の表面に屈折率の異なる材料の平坦化膜11(例えば窒化シリコン膜:屈折率2.0)を形成する。

【0017】以下、第1実施形態と同様に、平坦化膜11上にレジスト膜12を塗布し、フォトダイオードPD間の所定部分のレジスト膜12をエッチング除去して隙間を形成する。この隙間の幅は、エッチングのアンダカットを考慮して、形成されるべきマイクロレンズの隙間隔より狭く形成される。

【0018】続いて、隙間が形成されたレジスト膜12をマスクとして、ウェットエッチングにより平坦化膜11に凹部5を形成する。凹部5の形成後、レジスト膜12を除去し、平坦化膜11より屈折率の小さい材料(ここではSiO<sub>2</sub>)を堆積させて平坦化膜13を形成する。続いて、平坦化膜13上にレンズ樹脂層を形成し、凹部5及びその近傍のレンズ樹脂層をエッチング除去することで、各フォトダイオードPDに対応した直方体状のレンズ樹脂層を多数形成する。最後に、「だらし工程」によりレンズ樹脂層をなだらかにしてマイクロレンズ14を形成する。

【0019】平坦化膜11の屈折率は2.0、それを挟む平坦化膜10及び13の屈折率は1.46であるから、凹部5の湾曲面5aによってマイクロレンズ14間の平坦膜は凹レンズ機能を有する。従って、同図(B)に示すように、隣接するマイクロレンズ間の隙間に入射した入射光8は両側のフォトダイオードPDへ向けて屈折する。

【0020】図2(C)は、本発明の第3実施形態によ

る固体撮像装置の構成を示す概略的断面構成図である。

本実施形態では、図2(B)に示す平坦化膜13を形成した後、エッチバックによって平坦化膜13を平坦化膜11表面まで除去し、凹部5のみに平坦化膜13(ここでは、窒化シリコン)を残存させる。このように凹部5を屈折率の小さい材料で埋めることにより、第2実施形態と同様の効果を得ることができ、更に凹部5が平坦化されるために汚染に対しても有利となる。

【0021】更に、図2(B)及び(C)における入射光8の屈折の様子を見れば分かるように、凹レンズ特性を与える凹部5は、できるだけ表面近くに形成しフォトダイオードPD形成面から離すのが有利である。より大きな偏向量が得られるからである。

【0022】図3(A)及び(B)は、本発明の第4実施形態による固体撮像装置の製造方法を示す工程図である。本実施形態においては、まず同図(A)に示すように、フォトダイオードPDが形成された基板1上に平坦化膜10(例えば窒化シリコン:屈折率2.0)を形成し、その平坦化膜10上にレジスト膜12を塗布する。レジスト膜12のうちフォトダイオードPD間の所定部分をエッチング除去して隙間を形成する。この隙間の幅は、エッチングのアンダカットを考慮して、形成されるべきマイクロレンズの隙間隔より狭く形成される。

【0023】続いて、隙間が形成されたレジスト膜12をマスクとして、ウェットエッチングにより平坦化膜10に凹部5を形成する。凹部5の形成後、レジスト膜12を除去し、平坦化膜10より屈折率の小さい材料(ここではSiO<sub>2</sub>)を堆積させて平坦化膜13を形成する。続いて、平坦化膜13上にレンズ樹脂層を形成し、凹部5及びその近傍のレンズ樹脂層をエッチング除去することで、各フォトダイオードPDに対応した直方体状のレンズ樹脂層を多数形成する。最後に、「だらし工程」によりレンズ樹脂層をなだらかにしてマイクロレンズ14を形成する。

【0024】平坦化膜10の屈折率は2.0、その上に形成された平坦化膜13の屈折率は1.46であるから、凹部5の湾曲面5aによってマイクロレンズ14間の平坦膜は凹レンズ機能を有する。従って、同図(B)に示すように、隣接するマイクロレンズ間の隙間に入射した入射光8は両側のフォトダイオードPDへ向けて屈折する。平坦化膜10を所望の厚さに形成することで、マイクロレンズ14間に入射した光をフォトダイオードPDまで偏向させることができる。

【0025】図3(C)は、本発明の第5実施形態による固体撮像装置の構成を示す概略的断面構成図である。本実施形態では、図3(B)に示す平坦化膜13を形成した後、エッチバックによって平坦化膜13を平坦化膜10表面まで除去し、凹部5のみに平坦化膜13(ここでは、SiO<sub>2</sub>)を残存させる。このように凹部5を屈折率の小さい材料で埋めることにより、第2実施形態と

同様の効果を得ることができ、更に凹部5が平坦化されるために汚染に対しても有利となる。また、第3実施例と同様に、凹レンズ特性を与える凹部5をできるだけ表面近くに形成しフォトダイオードPD形成面から離すことで、より大きな偏向量が得られる。

【0026】図4は、上記各実施形態の平面図である。図に示すように所定径のマイクロレンズ7あるいは14がマトリクス状に配列され、その間に凹レンズ特性を有する凹部領域5が形成されている。ここで、マイクロレンズ14の端と凹部5の端とを完全に一致させることは困難であるが、凹部5の領域で入射光8を屈折させてフォトダイオードPDへ集光するよりも、マイクロレンズ7あるいは14で集光する方が効率的であること明らかである。従って、マイクロレンズ7、14を出来るだけ大きく形成し、凹部5の領域はその端がマイクロレンズ端と一致するように出来るだけ小さく表面近くに形成することでマイクロレンズにより集光されなかった光のみを凹部5でフォトダイオードPDに導くのが望ましい。

【0027】

【実施例】 図5(A)及び(B)は、図1に示す第1実施形態の一実施例における入射光の集光及び拡散の様子を示す模式図である。図1に示す第1実施形態において、マイクロレンズ7に屈折率約1.46のレンズ樹脂を使用し、平坦化膜2にSiO<sub>2</sub>(屈折率1.46)を使用した。この場合、同図(A)に示すように、マイクロレンズ7によって入射光8はフォトダイオードPDに集光され、また同図(B)に示すように、凹部5によって入射光8は拡散され、フォトダイオードPD方向に偏向される。

【0028】図6(A)及び(B)は、図2(B)に示す第2実施形態の一実施例における入射光の集光及び拡散の様子を示す模式図である。図2(B)に示す第2実施形態において、マイクロレンズ14に屈折率約1.46のレンズ樹脂を使用し、平坦化膜10及び13にSiO<sub>2</sub>(屈折率1.46)を使用し、凹部5の湾曲面を形成した平坦化膜11に窒化シリコン(Si<sub>3</sub>N<sub>4</sub>)を使用した。この場合、図6(A)に示すように、マイクロレンズ14によって入射光8は集光し、また凹部5の湾曲面5a及び平坦化膜10及び11の界面で入射光8は屈折しフォトダイオードPD側へ偏向する。

【0029】

【発明の効果】 以上詳細に説明したように、本発明によれば、集光レンズとは別に、透明層表面又は内部に凹レンズ機能を有する光学手段が設けられている。このために、レンズによって集光されるだけでなく、隣接するレンズ間の隙間に入射した入射光も光学手段により屈折して光電変換素子へ集められ、集光レンズの形状に影響を与えることなく、すなわち特性を劣化させることなく、感度及びS/Nを向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を示す工程図である。

【図2】(A)及び(B)は本発明の第2実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を示す工程図であり、(C)は本発明の第3実施形態による固体撮像装置の概略的断面構成図である。

【図3】(A)及び(B)は本発明の第4実施形態に係る固体撮像装置の製造方法を示す工程図であり、(C)は本発明の第5実施形態による固体撮像装置の概略的断面構成図である。

【図4】各実施例形態における概略的平面図である。

【図5】図1に示す第1実施形態の一実施例における入射光の集光及び拡散を示す模式図である。

【図6】図2に示す第2実施形態の一実施例における入射光の集光及び拡散を示す模式図である。

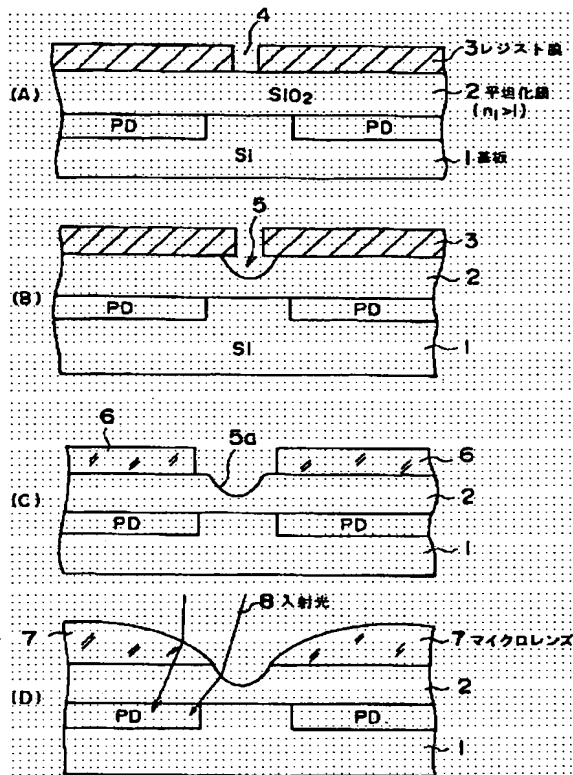
【図7】従来の固体撮像装置の一例を示す断面構成図である。

【図8】図7に示す従来例の部分的製造工程図である。

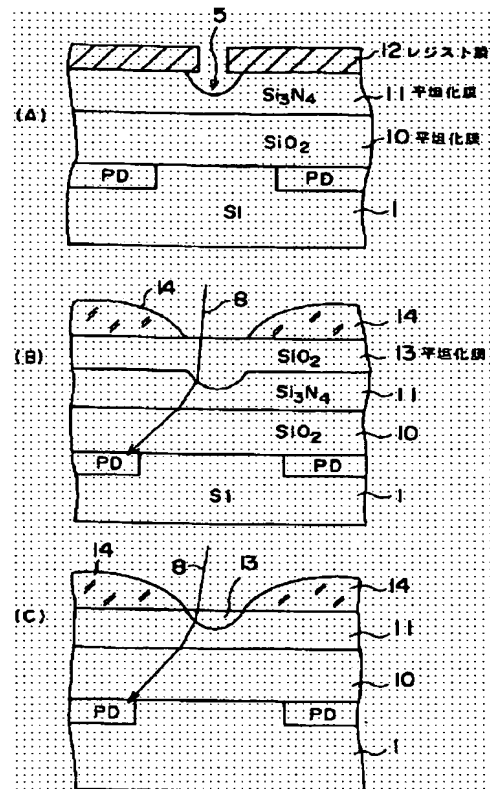
【符号の説明】

- 1 基板
- 2, 10, 11, 13 平坦化膜
- 3, 12 レジスト膜
- 4 隙間
- 5 凹部
- 5a 湾曲面
- 6, 14 マイクロレンズ
- 7 レンズ樹脂層
- 8 入射光
- PD フォトダイオード

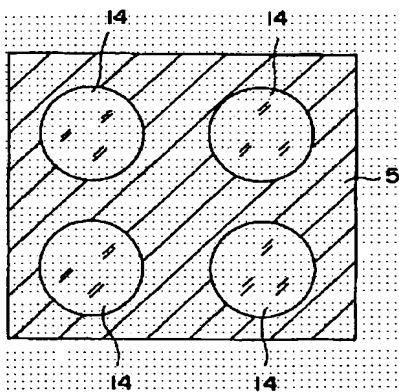
【図1】



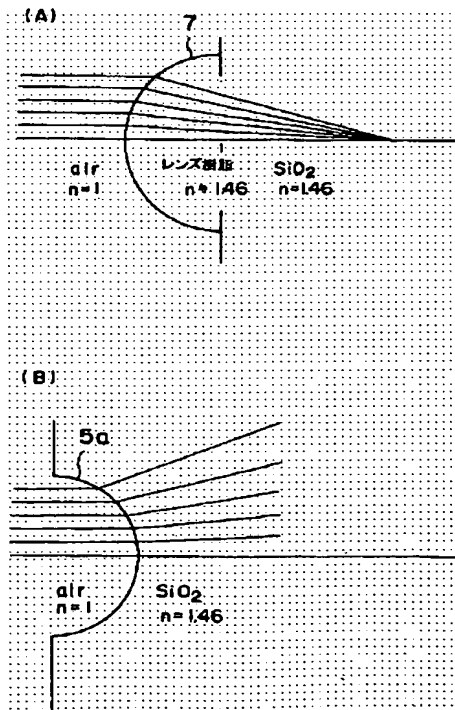
【図2】



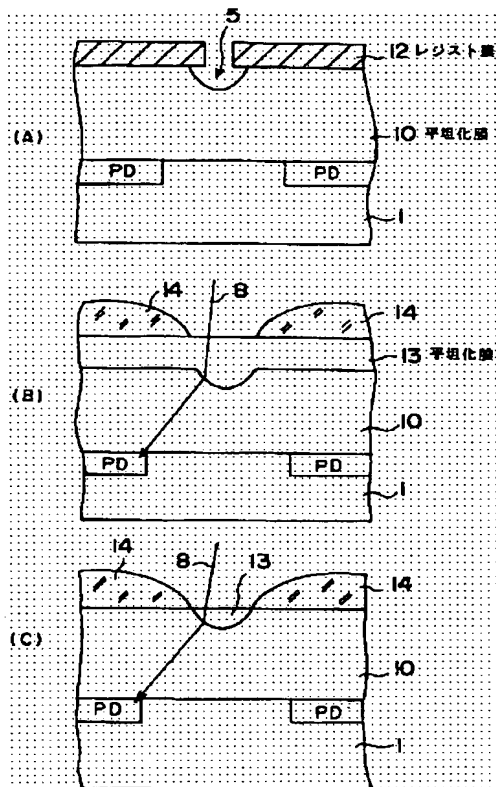
【図4】



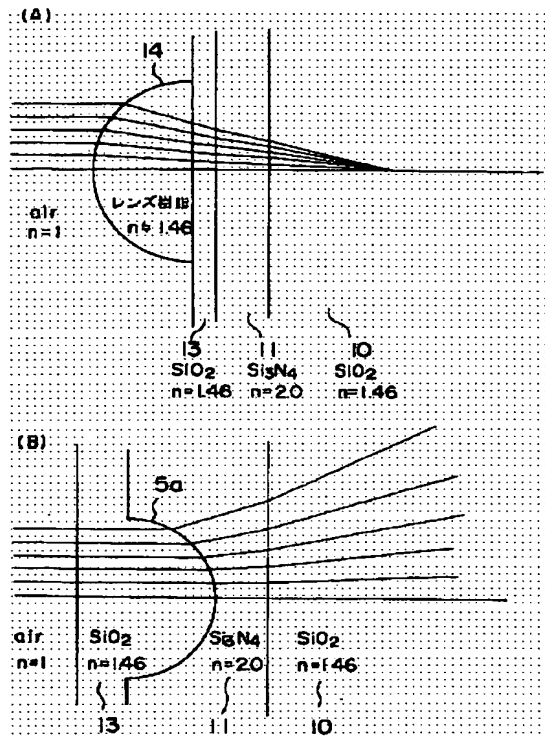
【図5】



【図3】



【図6】



【図8】

